

旱地小麦全膜覆土播种一体机的研制

唐学鹏,赵武云*,戴 飞,杨 正

(甘肃农业大学工学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要:旱地小麦全膜覆土播种一体机是针对全膜覆土穴播技术而研制的,该机可一次性完成旋耕、镇压、铺膜、覆土、播种等工序。该机采取旋耕抛土与铲土板相配合的取土方式,保证了充足的土壤来源,设计了输送带链传动的输土装置、外槽轮式覆土装置,实现了膜上均匀覆土和覆土厚度的控制。设计了仿形机构,实现了穴播装置的地面仿形,并对仿形机构进行动力学仿真,分析了仿形机构的仿形效果。通过样机田间试验测定,覆土厚度的平均值为 1.074 cm,覆土宽度的平均值为 121.283 cm 符合农艺要求,覆土的厚度、宽度的变异系数分别为 23.37% 和 0.96%,符合设计要求。通过实验测定,旋耕镇压后的土壤容重和土壤孔隙度符合农艺要求。

关键词:全膜覆土播种机;旱地小麦;穴播装置;仿形机构

中图分类号: S223.2+4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)06-0248-04

Design and manufacture of an integrated machine to spread membrane covering soil and seeding for dry land wheat

TANG Xue-peng, ZHAO Wu-yun*, DAI Fei, YANG Zheng

(Gansu Agricultural University College of Engineering, Gansu Lanzhou, 730070, China)

Abstract: The integrated machine by all membrane covering soil and seeding for dry land wheat was designed and manufactured to the all membrane covering soil and dibbling technology. The procedures of rotary tillage, repression, spread membrane, cover soil, seeding and so on can be completed by this machine at the same time. The taking soil mode as rotary tillage cast soil to match the shovel board was adopted by this machine to ensure the sufficient source of soil. Designed out the devices of conveyor chain to convey soil and outside wheel to turn, realized the control for uniform covering soil on membrane and the covering soil thickness. The profiling mechanism is designed to realize the ground surface implementation of dibbling device, and the dynamic simulation was carried out for the profiling mechanism, analyzed the effects of the profiling mechanism. Through the prototype measurement in the field experiment, covering with a mean of 1.074 cm, the thickness of the overlying soil average width of 121.283 cm can meet the demands of agronomic, the average soil covering thickness was 1.074cm and the width was 121.283 cm to comform the requirements of agronomy. The variation coefficients of the thickness and width was 23.37% and 0.96%, respectively, comply with the design requirements. Through the field experiment and measurement, the soil bulk density and soil porosity was conformed to the requirements of agronomy after rotary tillage and repression.

Keywords: sower with all membrane covering soil; dry land wheat; all membrane covering soil; dibbling device; profile mechanism

小麦全膜覆土穴播技术集成了膜面播种穴集雨、覆盖抑蒸、雨水富集叠加利用和多茬种植等技术,不仅最大限度地减少土壤水分蒸发,而且利用播种穴进行集流,充分接纳小麦生长期间的降雨,实现了有效降水资源的高效利用^[1]。根据甘肃省多点测定,全膜覆土穴播小麦全生育期 0~20 cm 土壤水分含量比露地小麦高 3~8 个百分点^[2]。针对当前暂无与小麦全膜覆土穴播技术相配套的多功能一体机这一情况,研制旱地小麦全膜覆土播种一体机具有重要的现实意义。

收稿日期:2013-06-05
基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目“粮食作物农机农艺关键技术集成研究与示范”(2013BAD08B01);“十二五”国家科技支撑计划项目“西北绿洲农牧循环技术集成与示范”(2012BAD14B10)
作者简介:唐学鹏(1987—),男,甘肃民勤人,硕士研究生,研究方向为农业工程技术与装备研究。E-mail: gndtxp@163.com。
* 通信作者:赵武云(1966—),男,甘肃兰州人,教授,主要从事农业工程技术与装备研究。E-mail: zhaowu@gsau.edu.cn。

1 一体机的工作原理及主要技术参数

1.1 主要结构

旱地小麦全膜覆土播种一体机结构如图 1 所示。

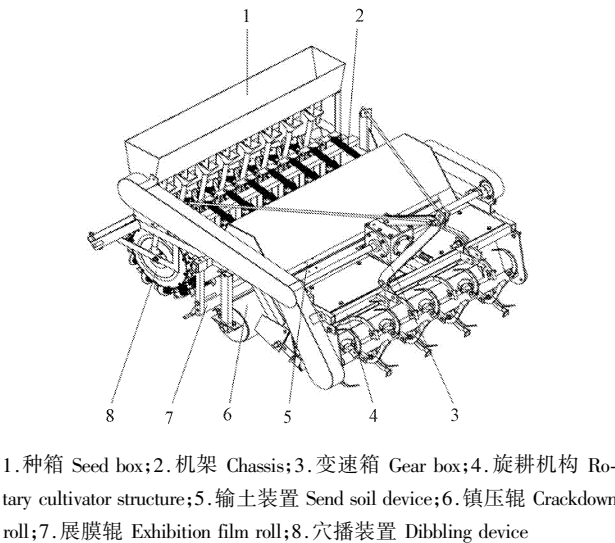


图 1 旱地小麦全膜覆土播种一体机结构

Fig.1 Structure of an integrated machine to do all membrane covering soil and seeding for dry land wheat

1.2 工作原理

本机与拖拉机三点悬挂,采用 1N 类后置式三点悬挂方式^[3],作业时拖拉机牵引机具向前行驶。拖拉机动输出轴经万向轴带动减速器工作,减速器输出轴经过链轮由链条分别驱动旋耕装置、输土装置、覆土装置和外槽轮排种器工作。机具作业时,土壤在旋耕刀与铲土板的作用下被均匀地打碎并沿着铲土板向后抛送到输土装置^[4]。输土槽随链运转,转过链轮时,将土送到覆土装置。抛土槽轮将土壤抛出,沿着溜土板将土壤均匀地覆在膜面上。与此同时,镇压辊将旋耕过的土地整平,有利于提墒,为作物生长发育创造了一个良好的种床环境^[5]。铺膜机构将地膜展开铺在旋耕整好的地表上,展膜辊从膜面滚过,使地膜与地表贴合,覆土装置将土均匀地撒在地膜表面,仿形穴播装置随拖拉机的前进完成播种。一体机完成了旋耕、镇压、铺膜、覆土、播种五道工序^[6]。

1.3 主要技术参数^[1,7]

旱地小麦全膜覆土播种一体机的各项技术参数见表 1。

2 关键部件的设计

2.1 输土装置的设计

输土装置主要由输土槽、滚子链、主动链轮和下托带轮组成,如图 2 所示。链与输土槽之间采用铆接,滚子链滚子与下托带轮中间凸台贴合。

表 1 一体机主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of an integrated machinee

参数 Parameter	数值 Value
整机质量 Machine weight/kg	246
牵引拖拉机动动力 Truck tractor power/kw	22.1
外形尺寸(长×宽×高)/mm Overall dimensions	1500×1500×900
输送带宽度/mm	≥1200
地膜规格(厚×宽)/mm Film dimensions	0.008×1200
覆土厚度/mm Thickness of covering soil	5~15
播种量 Seeding rate/(kg·hm ⁻²)	165~225
穴距 Hill spacing/mm	120,240,360(可调) (Adjustable)
行距 Line spacing/mm	≥140(无级可调) (Stepless Adjustable)
播深 Sowing depth/mm	30~50
作业速度 Operating speed/(km·h ⁻¹)	3.20
作业效率 Working performance/(hm ² ·h ⁻¹)	0.4~0.6

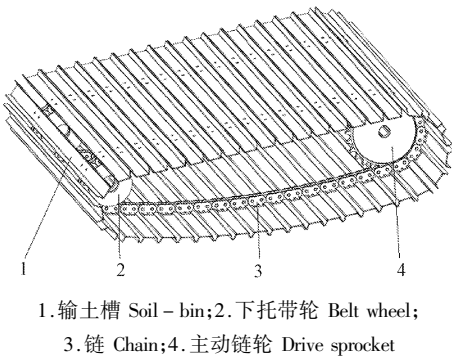


图 2 输土装置

Fig.2 Device of sending soil

该装置的输土方式为输送带链传动^[8],工作过程:旋耕抛土与铲土板相配合,将土壤抛送到输土装置,输土槽随着链轮的转动而斜向上移动,在转过链轮最高点时,将土送到覆土装置。

2.2 覆土装置的设计

覆土装置主要由抛土槽轮、溜土板和链轮组成,如图 3 所示。

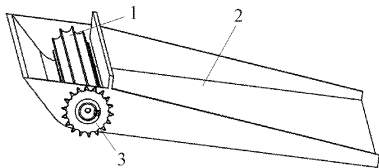


图 3 覆土装置

Fig.3 Device of covering soil

该装置的覆土方式为外槽轮抛土。输土装置将土送到溜土板前部,抛土槽轮将土抛出,土壤沿着溜

土板后部均匀地覆在地膜表面。计算覆土厚度：

$$H = \frac{V}{S} \tag{1}$$

式中, H 为覆土厚度, V 为单位时间内覆土装置的覆土体积, S 为机具每分钟的铺膜面积。

$$V = n \times q \times \rho \tag{2}$$

式中, n 为槽轮主轴的转速, q 为槽轮每转抛土质量, ρ 为土壤密度。

$$q = \pi \times d \times L \times \gamma \left(C + \frac{\alpha f}{t} \right) \tag{3}^{[9]}$$

式中, d 为外槽轮直径, L 为外槽轮有效工作长度, γ 为土壤容重, C 为带动层厚度, α 为土壤的充满系数, f 为凹槽段面积, t 为槽齿间距。

$$S = v \times b \tag{4}$$

式中, v 为机具的行进速度, b 为溜土板宽度。

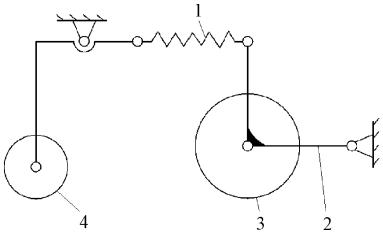
综上, 将(2)、(3)、(4) 代入(1) 并将相关参数代入得

$$H = \frac{n \times \pi \times d \times L \times \gamma \times \rho \left(C + \frac{\alpha f}{t} \right)}{v \times b} = 12.96$$

mm, 符合覆土厚度为 5 ~ 15 mm 这一农艺要求。

2.3 穴播装置的设计

仿形穴播装置由穴播轮、“L”型支撑架、拉伸弹簧、仿形镇压辊与机架组成, 每个穴播轮采用单独的芯轴和支撑架。采用如下仿形原理: 仿形镇压辊支撑架上部与机架的连接形式为固定铰链, 镇压辊支撑架一端与镇压辊连接, 另一端与“L”型支撑架之间用拉伸弹簧连接, “L”型支撑架和机架的连接形式为固定铰链, 穴播轮安装在“L”型支撑架的拐角处, 构成仿形机构, 如图 4 所示, 穴播装置紧随仿形镇压辊完成地面仿形。该地面仿形机构可以使穴播轮自行适应耕地的实际状况, 最终达到穴播深度基本一致, 有利于后期田间管理。



1. 拉伸弹簧 Extension spring; 2. “L”型支撑架 “L” carriage;
3. 穴播轮 Dibbling wheel; 4. 镇压辊 Suppression of roller

图 4 仿形机构示意图

Fig.4 Profiling mechanism schematic diagram

3 穴播装置仿形机构的仿真分析

3.1 模型导入

将 Solidworks 建立的模型文件转换为 ADAMS 仿

真分析要求的文件格式, 利用 ADAMS 导入转换后的模型文件, 对模型进行完善, 在不影响仿真结果的前提下, 对部分零部件进行合并。设置重力场, 使其方向垂直地面向下, 大小与实际相同, 修改刚体质量, 使其与实际零部件质量一致, 添加合理的约束、驱动和接触力^[10]。

3.2 仿真及结果分析

在开始仿真分析之前, 对模型进行检验。利用 ADAMS 的模型自检工具, 检查不恰当的连接和约束、有约束的构件和无质量构件、样机的自由度等, 以保证仿真分析顺利进行。模型检验正确后进行动力学仿真。

以镇压辊的质心(MEA_1)为测量对象, 仿真后输出其垂直位移曲线(蓝色), 以穴播轮的质心(MEA_2)为测量对象, 输出其垂直位移曲线(红色), 然后输出两条曲线的复合图, 如图 5 所示。

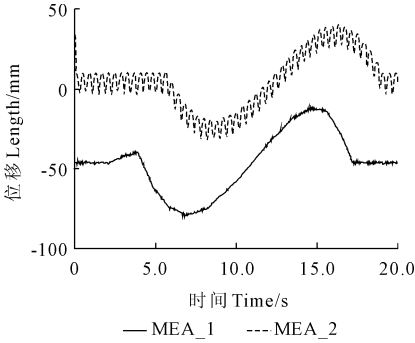


图 5 仿形机构的仿形效果

Fig.5 Profiling effects of the profiling mechanism

从图 5 中数据可以看出, MEA_1 最低点出现在 6.80 s 处, 而 MEA_2 最低点出现在 8.17 s 处, 仿形滞后 1.37 s。这是由于镇压辊与穴播轮之间存在一定距离, 所以才出现了仿形滞后。在运动过程中, 镇压辊的质心的垂直位移曲线就相当于镇压过后的地面曲线。穴播轮相邻两个鸭嘴之间有一段弧长, 所以在穴播轮转过两个鸭嘴的过程中, 其质心在竖直方向的位移曲线是余摆线^[11]。通过镇压辊质心曲线(蓝色)与穴播轮质心曲线(红色)的整体轮廓的对比, 可以看出蓝色曲线与红色曲线整体变化趋势基本一致, 说明仿形机构的仿形效果较好。

4 旱地小麦铺膜覆土播种一体机的试验及结果分析

4.1 试验方案

2012 年 3 月, 该机在位于甘肃省定西市临洮县洮阳镇北五里铺路东的试验田进行了试验, 测定相关工作性能参数指标。

试验田所在地海拔 1 950 m,土壤为黄绵土,含水率为 14%,年均降水量 348 mm,年均蒸发量 1 536 mm,具有旱地小麦种植区域的代表性。前茬作物收获后进行了整地,地面较平整,土壤细碎并且根茬很少,试验田面积为 667 m²。在机具运行之前,先将地膜拉至机具后端,用土将地膜端部压实。该试验利用与本样机配套的东方红-MS300 型拖拉机进行试验^[12],东方红-MS300 型拖拉机的配套动力为 22.1 kw。为保证作业质量,作业时机具前进速度控制在 3.2 km·h⁻¹左右。该机穴距和行距均能调整,此试验预设的穴距为 12 cm,行距是 16 cm。旱地小麦全膜覆土播种一体机的场地试验,如图 6 所示。



图 6 旱地小麦全膜覆土播种一体机的试验
Fig.6 Test of the integrated machine to spread membrane, covering soil and seeding for dry land wheat

4.2 试验和数据分析

为测定该机的性能参数,主要对全膜覆土的厚度、宽度、穴距、行距等相关数据进行了测量,其测定和分析结果如表 2 所示。

表 2 旱地小麦全膜覆土播种一体机的性能参数
Table 2 Performance factors of the integrated machine to spread membrane, covering soil and seeding for dry land wheat

序号	覆土厚度 Covering thickness/cm	覆土宽度 Covering width /cm	穴距 Hill spacing/cm	行距 Line spacing/cm
1	1.30	120.33	12.15	16.53
2	1.24	120.25	12.04	16.79
3	1.35	121.04	12.07	16.11
4	0.98	123.43	12.01	16.08
5	1.20	120.18	12.10	16.54
6	0.73	120.16	11.97	15.96
7	1.16	122.28	12.04	16.14
8	0.67	121.76	12.10	15.93
9	0.83	120.82	12.08	16.08
10	1.28	122.58	12.06	16.03
μ	1.074	121.28	12.06	16.21
σ	0.251	1.166	0.050	0.292
CV	23.37	0.96	0.42	1.80

注:表中 μ 为平均值, σ 为标准差, CV 为变异系数(%)。
Note: μ is the average valve, σ is the standard deviation, CV is coefficient of variation(%) of the table.

据测量结果分析,参数均符合设计要求^[13],覆土均匀,无明显缺陷。由表可以看出,覆土厚度的平均值为 1.074 cm,覆土宽度的平均值为 121.283 cm,穴距的平均值为 12.06 cm。由于穴播轮在作业过程中与地膜有轻微滑移,所以穴距略大于预设值,行距的平均值为 16.219 cm,均符合全膜覆土穴播技术的要求。覆土的厚度、宽度的变异系数分别为 23.37%和 0.96%,穴距、行距的变异系数分别为 0.42%和 1.80%,符合设计要求。

为测定该机作业后土壤的特性,采集不同层次的土壤作为土样,分别采用环刀法和计算法对土壤容重、土壤孔隙度等相关数据进行了试验测定^[14],试验结果如表 3 所示。

表 3 机具作业后土壤特性
Table 3 Soil properties after machine works

特性 Features	层次 Soil layer/cm			
	0~5	5~10	10~15	15~20
土壤容重/(g·cm ⁻³) Soil bulk density	1.31	1.33	1.35	1.35
土壤孔隙度/% Soil porosity	50.5	49.8	49.0	49.0

据测量结果分析,经过旋耕镇压后的土壤容重和土壤孔隙度,符合种子生根发芽时对土壤特性的要求,有利于保墒和水分保蓄^[15]。

5 结 语

1) 小麦全膜覆土穴播技术首先在甘肃省试验成功,正在甘肃省内进行大规模推广,旱地小麦全膜覆土播种一体机为这一技术提供了配套的作业机具,为该技术的大规模推广提供了有力保障。

2) 该机旋耕抛土与铲土板相配合的取土方式、输送带链传动的输土方式、外槽轮式覆土方式,解决了膜上覆土不均匀和覆土厚度难以控制等问题。穴播装置仿形机构保证了播深一致,有利于后期田间管理,利用 Solidworks 和 ADAMS 对仿形机构进行建模和运动仿真,结果表明,仿形机构可行有效。

3) 通过试验测定,覆土厚度的平均值为 1.074 cm,覆土宽度的平均值为 121.283 cm,符合农艺要求,覆土的厚度、宽度的变异系数分别为 23.37%和 0.96%,符合设计要求。通过试验测定,作业后的土壤特性符合农艺要求。

England: Farming Press Limited, 1980.

[2] Bentini M, Caprara C, Martelli R. Harvesting damage to potato tubers by analysis of impacts recorded with an instrumented sphere[J]. Biosystems Engineering, 2006, 94(1): 75-85.

[3] Poul E L. Prediction of susceptibility of potato tubers to internal bruising by using a pendulum-mounted accelerometer[J]. Potato Research, 1985, 28(3): 285-294.

[4] Brierley E R, Cobb A H. Biochemical aspects of bruising in stored tubers[J]. Preceedings of the 13'th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, 1996: 152-153.

[5] 赵 硕, 张东兴, 冯伟伟. 破解马铃薯收获机薯土分离难题[J]. 农机科技推广, 2008, (4): 34-35.

[6] 刘 宝, 张东兴, 李 晶. MZPH-820 型单行马铃薯收获机设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(5): 81-86.

[7] 贾晶霞, 张东兴, 郝新明, 等. 基于计算机模拟的马铃薯挖掘铲参数优化与试验分析[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(5): 32-35.

[8] 孟 维, 孟 利. 小型马铃薯挖掘机的设计与试验研究[J]. 北京农业, 2012, (5): 205.

[9] 赵满全, 赵士杰, 余大庆, 等. 组合分离式马铃薯挖掘机设计与研究[J]. 农机化研究, 2007, (4): 69-72.

[10] 刘俊峰, 杨 欣, 马跃进, 等. 4U-1A 型马铃薯收获机的设计[J]. 农业机械学报, 2004, 35(2): 181-186.

[11] 吕金庆, 李世柱, 李国民, 等. 马铃薯挖掘机升运器的设计研究[J]. 农机化研究, 2004(4): 108-111.

[12] 张 建, 魏宏安. 4M-2 型马铃薯联合收获机薯土分离运动仿真[J]. 甘肃农业大学学报, 2009, 44(3): 153-157.

[13] 朱维才, 崔 刚, 李伟明, 等. 马铃薯种植机械研究[J]. 农业技术装备, 2008, (8): 26-27.

[14] 桑永英, 张东兴, 贾晶霞, 等. 马铃薯联合收获机输送臂系统的运动防撞仿真[J]. 农业机械学报, 2007, 38(11): 52-55.

[15] 桑永英, 张东兴. 马铃薯联合收获机输送臂的建模与运动仿真[J]. 农业机械学报, 2007, 38(1): 198-200.

[16] 桑永英, 张东兴, 张梅梅. 马铃薯碰撞损伤试验研究及有限元分析[J]. 中国农业大学学报, 2008, 13(1): 81-84.

[17] 王福义. 4U-2 型马铃薯收获机被动式抖动轮结构形式探讨[J]. 农业科技与装备, 2011, (6): 61-62.

[18] 刘聚才. 甘肃马铃薯产业机械化发展的几点思考[J]. 机械研究与应用, 2007, 20(5): 6-23.

[19] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1972.

[20] 吴建民, 李 辉, 孙 伟, 等. 拨指轮式马铃薯挖掘机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(12): 76-79.

[21] 杨世成, 安宏宇. 马铃薯收获机设计试验研究[J]. 农机化研究, 2007, (11): 161-163.

[22] 陈 魁. 试验设计与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996, 399.

[23] 吴建民, 李 辉, 孙 伟, 等. 拨指轮式马铃薯挖掘机试验[J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 173-177.

(上接第 251 页)

参 考 文 献:

[1] 闫典明, 康清华. 全膜覆土穴播技术的优势[J]. 农业技术与装备, 2011, (7): 46-47.

[2] 李 福. 农技推广实践与创新[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2011.

[3] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.

[4] 史增录, 赵武云, 马海军, 等. 全膜双垄沟播起垄施肥铺膜机的研制[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(2): 169-174.

[5] 刘庆福, 栾光辉. 垄上镇压式玉米精密播种机保墒抗旱播种试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(4): 197-198.

[6] 杨善东, 杜瑞成. 多功能小麦覆膜穴播机的设计[J]. 农机化研究, 2007, (9): 89-90.

[7] 邵 博, 白利杰, 康清华. 小麦全膜覆土穴播技术的规程[J]. 农业技术与装备, 2011, (7): 52-53.

[8] 甘肃洮河拖拉机制造有限公司. 履带式定量土壤输送土块自动清理机构: 中国, CN102656967A[P]. 2012-09-12.

[9] 南京农业大学. 农业机械学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996.

[10] 赵武云, 刘艳妍, 吴建民, 等. ADAMS 基础与应用实例教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.

[11] 马 旭, 马成林, 张守勤. 地膜覆盖播种机成穴器的研究[J]. 农业机械学报, 1989, (4): 20-27.

[12] 张松根, 王达保, 吉华军, 等. 拖拉机的合理选择和科学配置[J]. 农业装备技术, 2011, 37(2): 56-57.

[13] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.

[14] 陆 欣. 土壤肥科学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.

[15] 张家励, 傅潍坊, 马 虹. 土壤压实特性及其在农业生产中的应用[J]. 农业工程学报, 1995, 11(2): 17-20.